



Развитие сетей мобильной связи 5G. Основные задачи и ход реализации программ METIS и 5G PPP

Заместитель Генерального директора
ООО «АйКомИнвест» по
инновационным технологиям,
член Президиума РАЕН,
д.э.н., проф. Тихвинский В.О.



Региональный обучающий семинар МСЭ для стран СНГ
"Перспективы развития инфокоммуникаций: технологии и вопросы регулирования сектора".
г.Астана, Республика Казахстан, 23-24 сентября 2014 года

Инновационный цикл генерации нового поколения мобильной связи



Появление технологии 5G должно служить преодолению тех вызовов, которые сейчас наблюдаются на мобильном рынке, а именно:

- Взрывной рост мобильного трафика передачи данных, как абонентского, так и служебного;
- Переход от соединений, сосредоточенных на задачах обеспечения связи в цепочке «человек-человек» (H2H) или «человек - машина (сервер)» (H2M) на соединения, нацеленные на обеспечение связи в цепочке «машина – машина» (M2M);
- Необходимость снижения капитальных затрат на развертывание сетей нового поколения по сравнению с инвестициями в сети предыдущего поколения и минимизации операционных затрат для повышения их экономической эффективности.

Технические требования к сетям мобильной связи 5G



Скорость
передачи данных

Рост в 10–100 раз в расчёте на абонента — до 10 Гбит/с (UL) и до 5 Гбит/с (DL) .

Потребляемый
трафик абонента

Рост в 1 000 раз — до 500 Гб на пользователя в месяц.

Количество
абонентских уст-в

Увеличение количества подключаемых абонентских устройств соте в 10–100 раз (до 300 000 на узел). Рост M2M устройств с 50 млрд. до 500 млрд.

Срок жизни
батарей

Десятикратное увеличение времени автономной работы абонентских устройств с небольшим энергопотреблением, таких как сенсоры M2M.

Задержки в сети

Сокращение времени задержки в цепочке E2E с 5 мс до 1 мс и менее.

Энергоэффектив-
ность и OPEX

Снижение стоимости эксплуатации и энергопотребления сетей 5G до 10% от текущего потребления сетей 4G.

- **Мультимедийные услуги**
(Ultra HD видео, 3D видео, онлайн игры)
- **Облачные сервисы**
(государственные услуги, бизнес приложения)



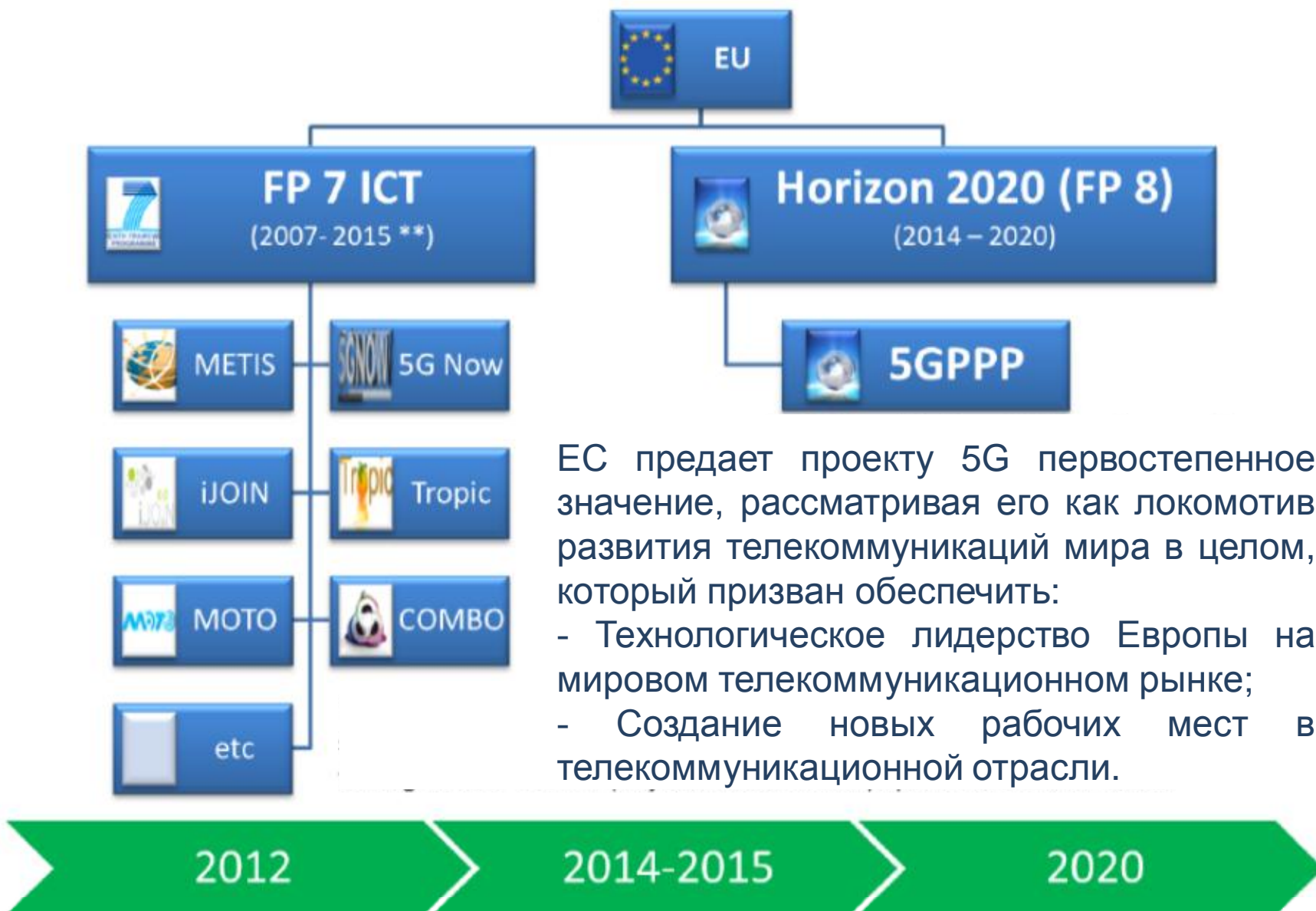
- **Сервисы виртуальной реальности**
(образование, развлечения)
- **Сервисы дополненной реальности**
(здравоохранение, военная промышленность, образование, развлечения)
- **Сервисы социальных сетей**
(развлечения, торговля)



- **M2M сервисы**
(энергетика, транспорт, здравоохранение, торговля, общественная безопасность, промышленность, ЖКХ)
- **Персональные услуги**
(транспорт, здравоохранение, бытовая техника, развлечения)



Европейские проекты создания технологического базиса 5G





Инициатива ЕС по созданию нового глобального партнерского проекта 5G Public Private Partnership (5G PPP) реализована в форме частно-государственного партнерства для координации работ по созданию инфраструктуры 5G в рамках Программы FP8.

Подписание соглашения по созданию Партнерства 5G состоялось **17 декабря 2013 г.** (Председателем 5G PPP избран Вернер Мор, NSN - Nokia).

Бюджет выделяемый только ЕС на развитие проекта 5G-PPP – **125 млн.Евро до 2015 г.**

Всего на финансирование проекта 5G в рамках **Программы «Горизонт 2020»** ЕС планирует направить **700 млн.Евро** (2014-2020) и суммарно с инвестициями участвующих в проекте вендоров около **3 млрд. Евро.**



Основные этапы рыночного развития проекта 5G, намеченные ЕС:

- решение вопроса с выделением дополнительного спектра частот шириной 500 МГц в период 2015 – 2018/2019 г.
- разработка основных технологических решений 2015- 2018 г.
- стандартизация основных технологических решений 2015- 2018 г.
- выделение спектра частот 1000 МГц на ВКР-19.
- вывод на рынок первых сетей 5G – 2020 г.
- вывод сетей 5G на коммерческую эффективность – 2025 г.

Технология 5G должна составить к 2025 году альтернативу наземным сетям цифрового телевидения DVB-T

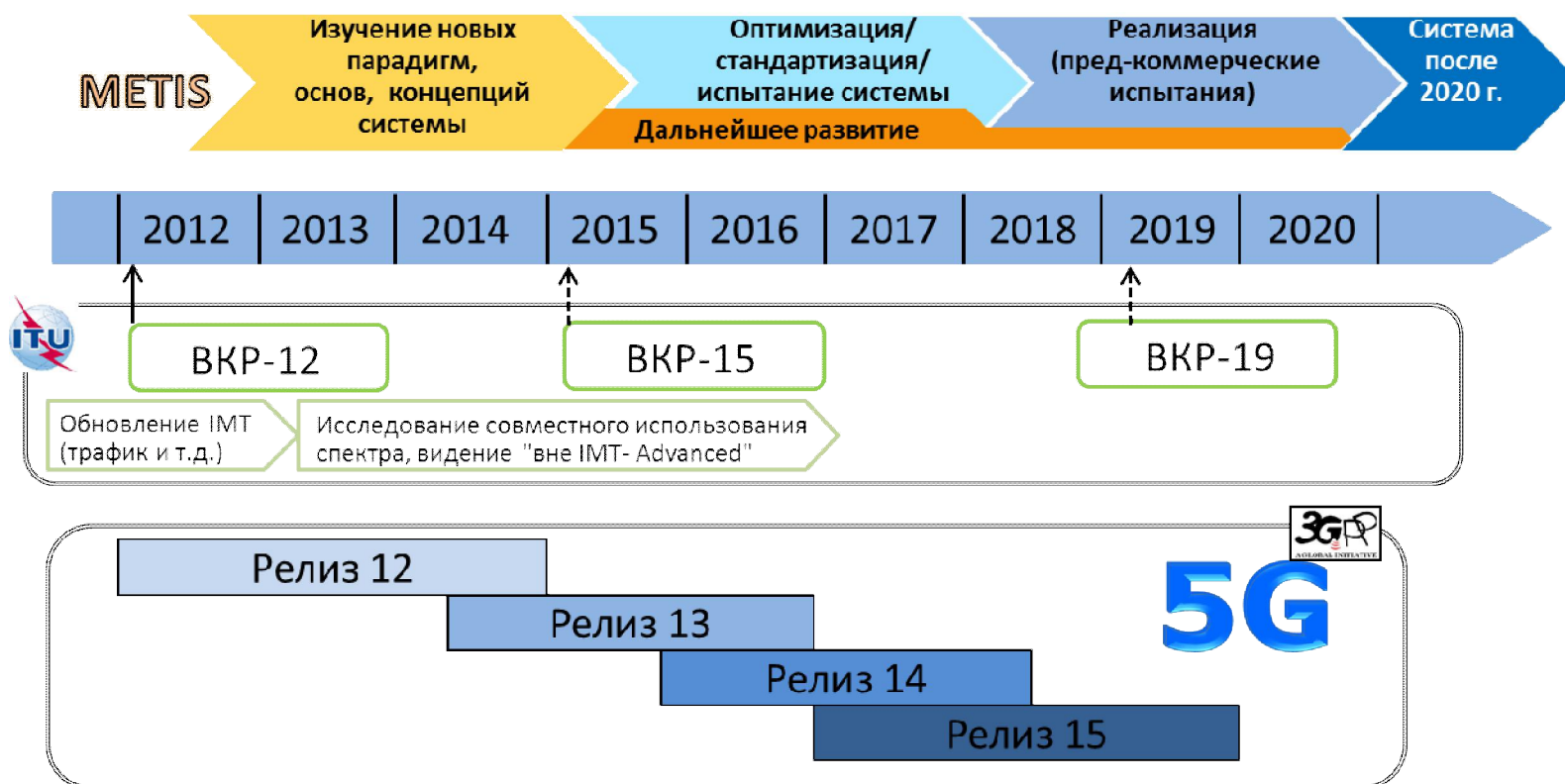
Характеристики международных проектов создания сетей 5G

Характеристики проекта			
Название проекта	METIS	5GIC	ISRA
Инвестор проекта	Еврокомиссия и вендеры	Samsung, Huawei, UKRPIF	Intel
Объём инвестиций	50 млн. Евро	35 млн. фунтов	Нач. Инвестиции - 3 млн. долл. США
Участники проекта	29 партнеров = 5 операторов + 5 вендоров + 19 университетов ЕС (8 рабочих групп)	Сотрудники университета и CCSR	Verizon, Университеты США, Испании, Австралии, Индии
Объем и время работ	80 человек в режиме полного дня в течение 30-ти месяцев	160 сотрудников CCSR, включая 100 PhD, и 70 студентов магистров	Более 100 специалистов
Координатор	Ericsson	CCSR	Intel Lab

Координация проекта METIS с работой 3GPP и МСЭ



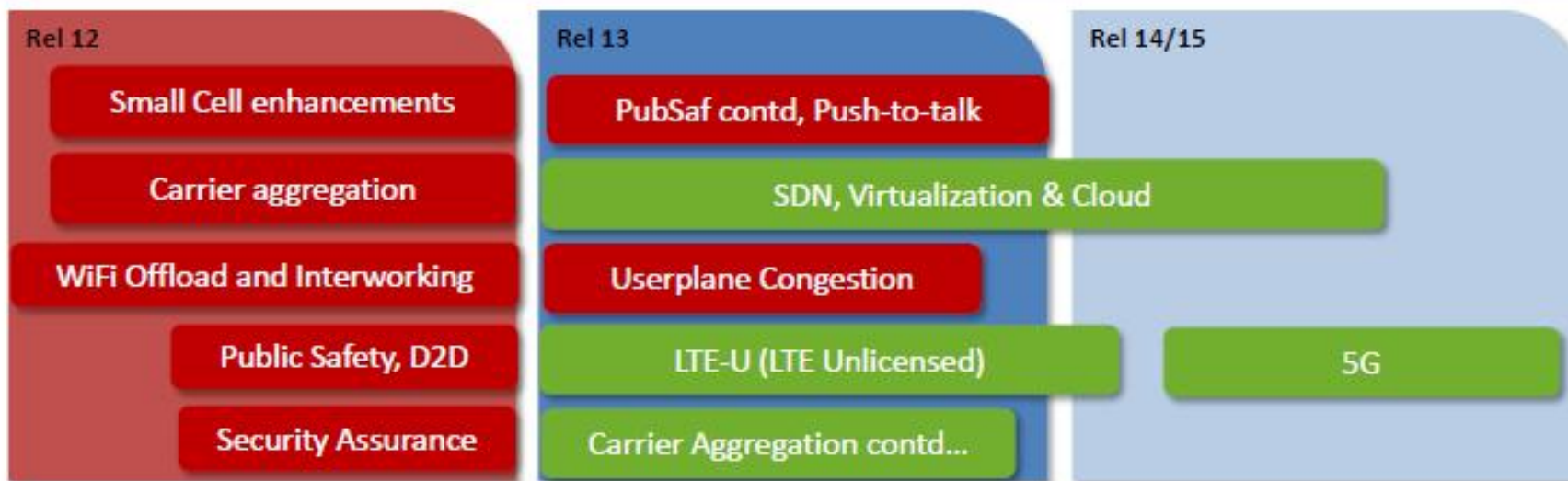
Проект METIS готовит в своих рабочих группах документы в соответствии с Планом на 2013-2015 г.г.



Источник: METIS

Деятельность 3GPP по стандартизации и развитию технологии 5G

Источник: 3GPP





МСЭ-Р PG5D

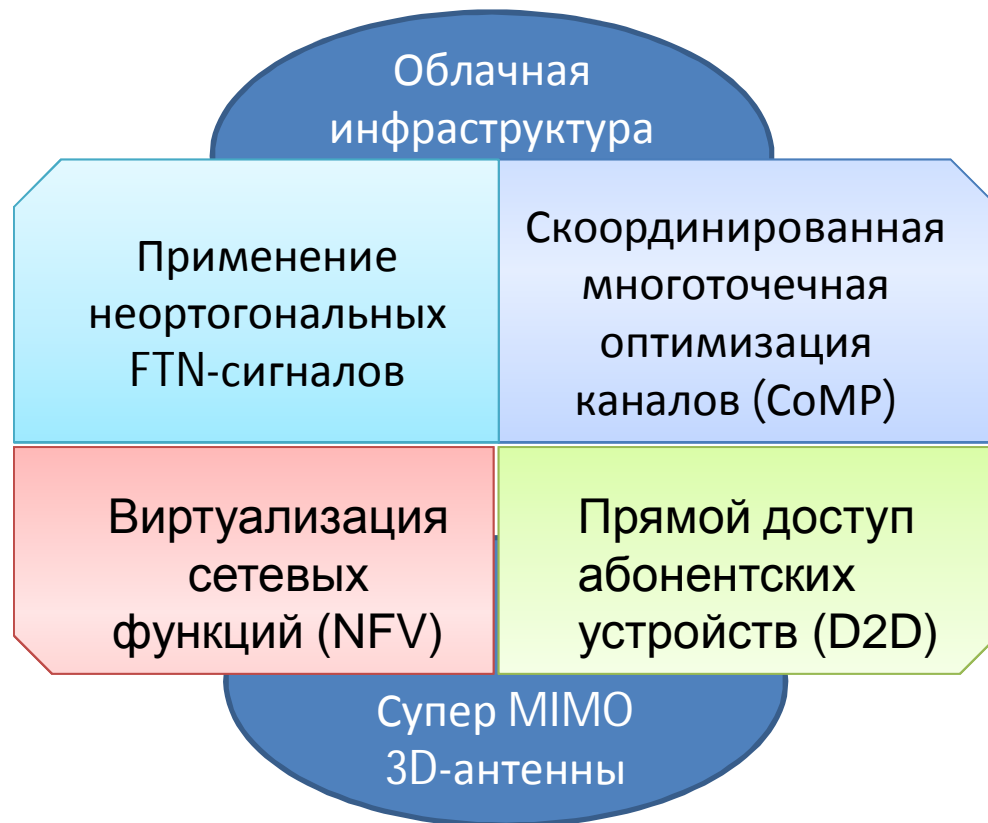


Региональные семинары по будущему развитию IMT-2020(5G)

Документы МСЭ «ВИДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ»
(IMT for 2020 and Beyond) :

1. Draft new Report ITU-R M. [FUTURE TECHNOLOGY TRENDS] (*October 2014*) – **адресован ВКР-15**
2. Draft new Recommendation ITU-R M. [IMT.VISION] (*June 2015*) – **адресован развитию к 2020 году**

Технологические инновации в инфраструктуре сетей 5G



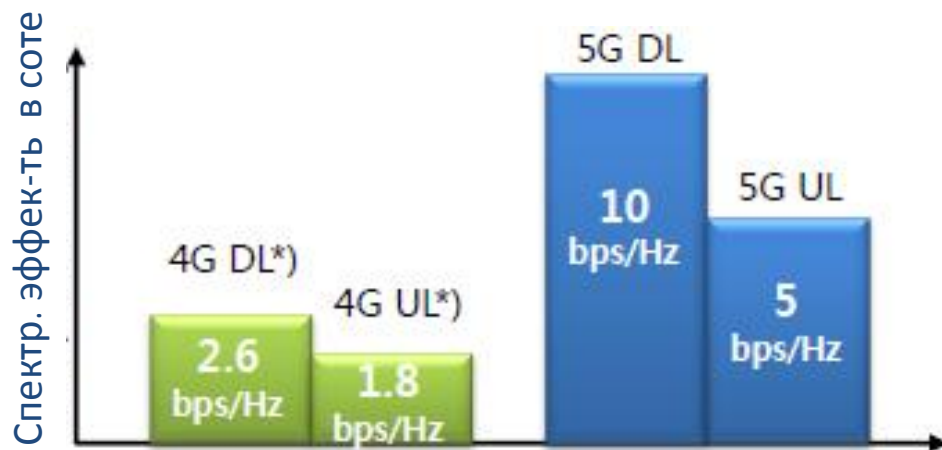
Целевая направленность технологических решений 5G

❑ **Создание ультра – плотных сетей,** обусловленная использованием полос частот в диапазонах выше 28 ГГц для обеспечения полос частот с непрерывным спектром шириной более 1000 МГц в канале DL и более 500 МГц в канале UL;

❑ **Универсальное управление ресурсами:** сочетание распределения ресурсов со случайным доступом CSMA и детерминированного планирования ресурсов сети;

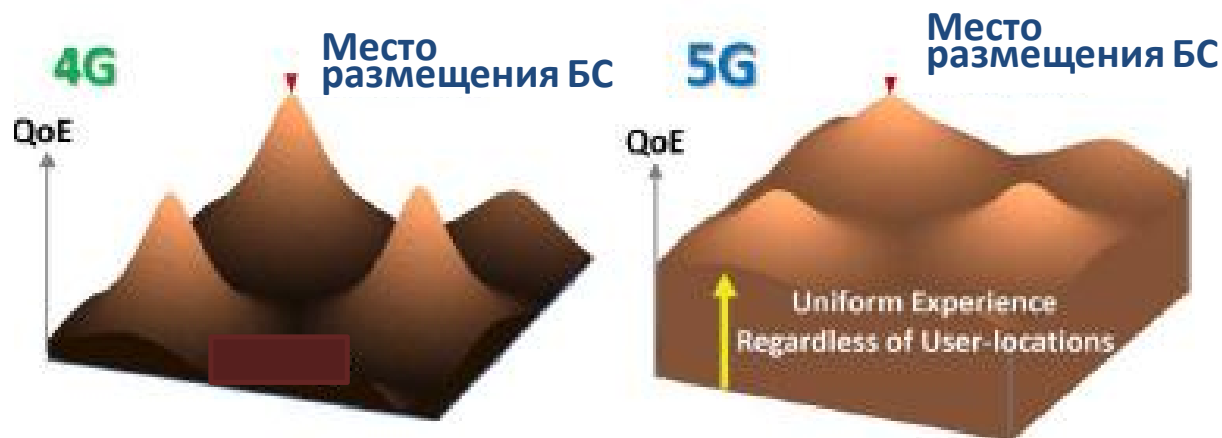
❑ **Виртуализация сетевых функций:** Cloud RAN (SDR), SDN и NFC.

Требования к спектральной эффективности сетей 5G



Спектральная эфф-ть на границе соты
Канал DL 0.075 бит/с/Гц/сота
Канал UL 0.05 бит/с/Гц/сота

В любой точке покрытия
Канал DL 1 Гбит/с
Канал UL 0,5 Гбит/с



Использование новых сигнально-кодовых конструкций в сетях 5G

Одним из условий будущего развития 5G будет повышение спектральной эффективности передаваемых сигналов за счет применения новых сигнально-кодовых конструкций на основе неортогональных сигналов и FTN-сигналов отличных от OFDM-сигналов, используемых в сетях 4G.

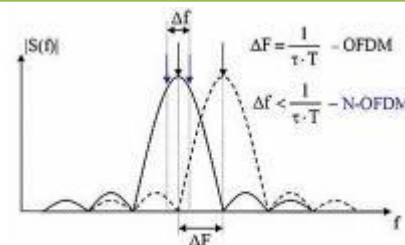
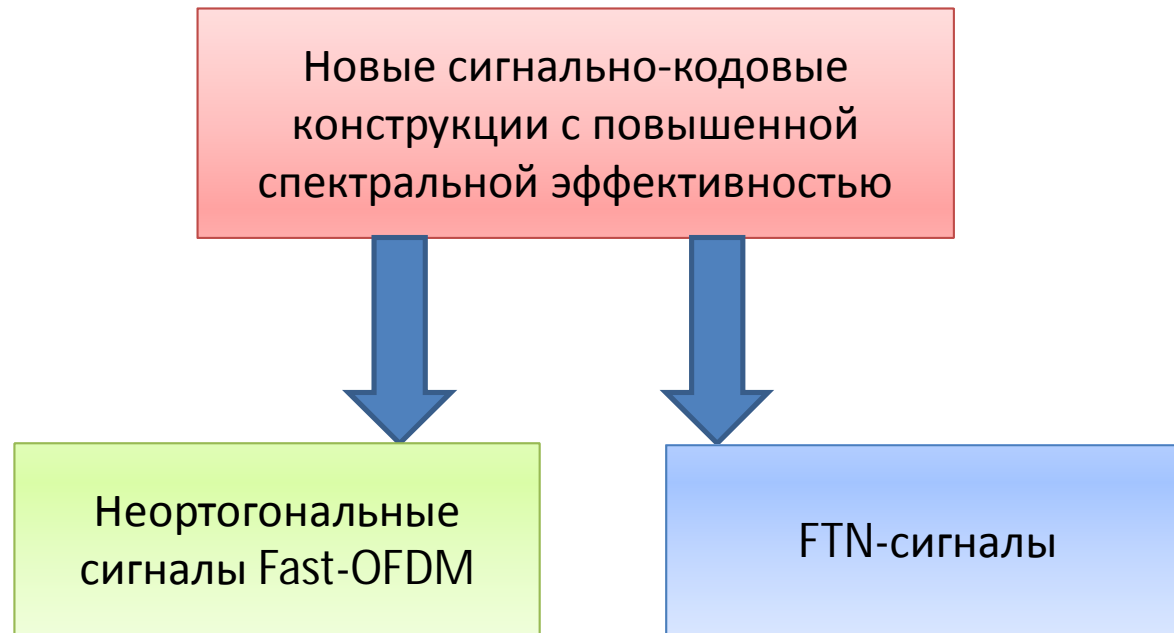
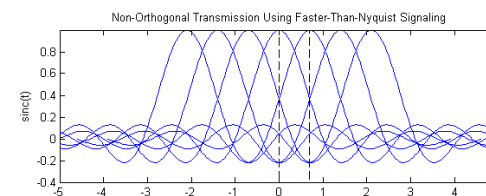
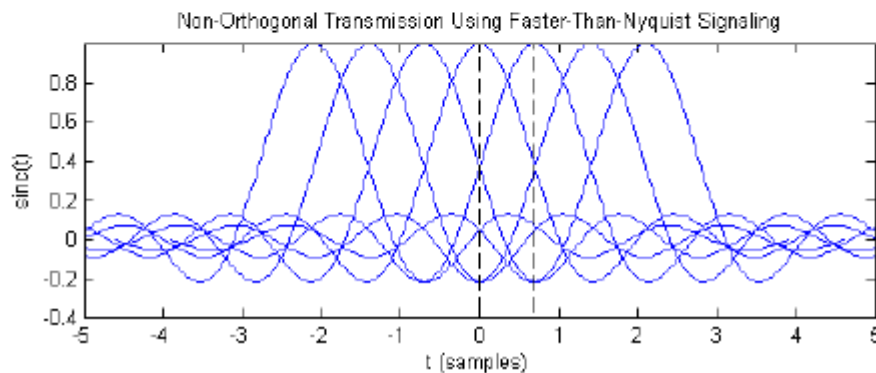
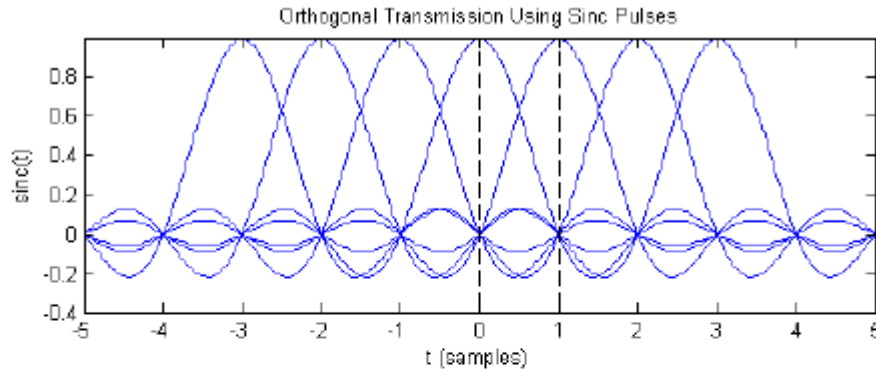


Рис. 5. N-OFDM-сигналы с двумя поднесущими



Использование FTN- сигналов в сетях 5G



При использовании FTN – сигналов формируемый сигнал передается с периодом повторения T секунд и этот период уменьшается до τT , где $\tau < 1$.

Обработка сигнала аналогична OFDM, но поднесущие не являются ортогональными

FTN – сигналы были предложены в 1975 г. Сотрудником Bell Labs. Д.Э. Мазо.

Сигнал Мазо использует более высокую скорость модуляции, тем самым вводится межсимвольная интерференция на стороне передатчика.

Форма базового сигнала $s(t) = \sum_n a_n h(t - nT)$

Сокращение длительности символов $\tau T \leq T$

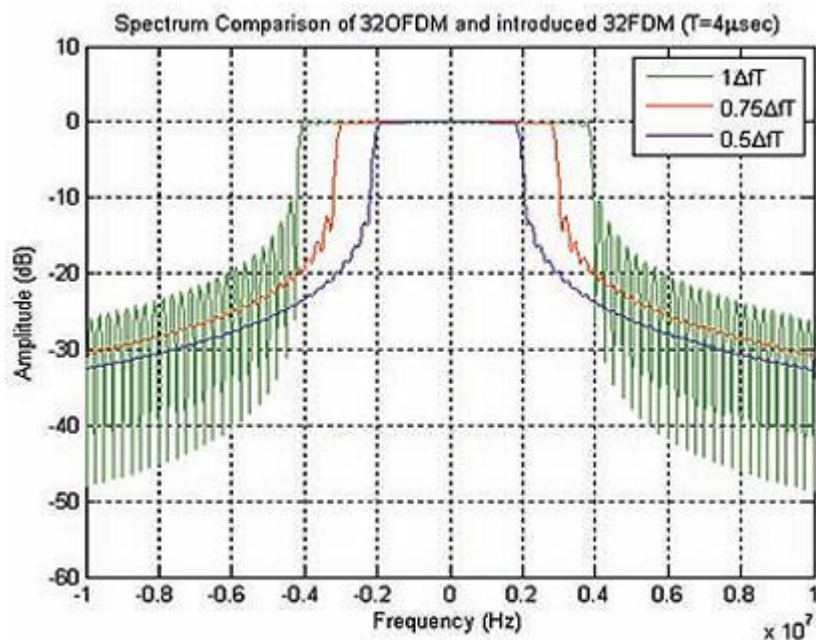
Мин. евкл-во расст. сохраняется $\tau > \text{Mazo limit}$

Позволяет более высокую скорость передачи данных на Гц полосы (Бит/Гц)

Более высокая спектральная эффективность при той же энергии

Новая форма сигнала: $s(t) = \sum_n a_n h(t - n\tau T)$

Использование Fast OFDM- сигналов в сетях 5G



Сопоставление ширины полосы частот сигналов OFDM ($\Delta f_x T=1$) и Fast-OFDM ($\Delta f_x T=0,5$) для пакета из 32 поднесущих [3].

Выдача патента на изобретение метода OFDM в ноябре 1966 г. Роберту Чэнгу и последующая журнальная публикации идеи OFDM открыла эру OFDM - сигналов.

Fast-OFDM (F-OFDM), базирующийся на принципе OFDM и отличающийся использованием частотного разнесения поднесущих, в 2 раза меньшего, чем в случае OFDM.

В основе метода Fast-OFDM лежит тот факт, что действительная часть коэффициента корреляции двух комплексных поднесущих равна нулю, если разнос по частоте между поднесущими кратен целому числу $1/2T$. При этом существенно, что, несмотря на двукратное уплотнение по частоте, сигналы по-прежнему остаются ортогональными друг другу.



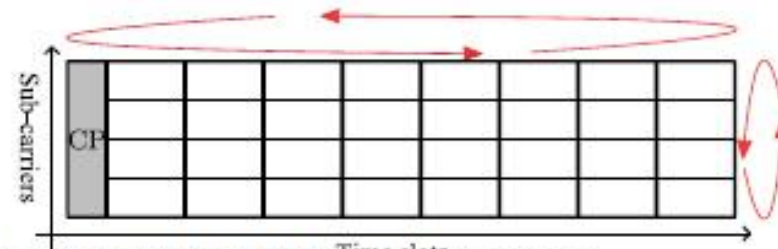
Европейский проект 5GNOW, координируемый в рамках проекта CORDIS и финансируемый из Европейской программы FP7 направлен на создание неортогональных форм сигнальных конструкция при асинхронном применении в мобильных сетях 5G.

Основными целями проекта 5GNOW являются создание новых видов сигналов для технологии 5G, обеспечивающей:

- Разработку нового физического уровня сетей PHY;
- Изменение понятия MAC-уровня сети;
- Переход от концепции обеспечения функционирования «одна сота – одна сеть» к принципам гетерогенных сетей.

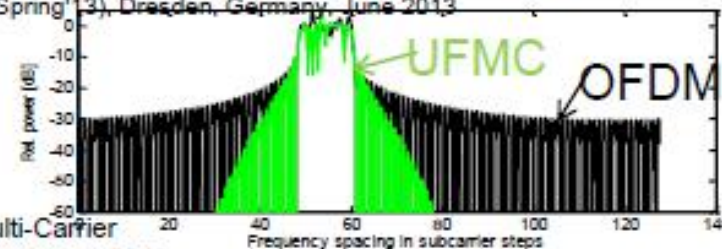
Неортогональные сигнальные конструкции 5G (предложения 5GNOW)

GFDM (Generalized Frequency Division Multiplexing) - Мультиплексированный сигнал на основе обобщенного частотного разделения



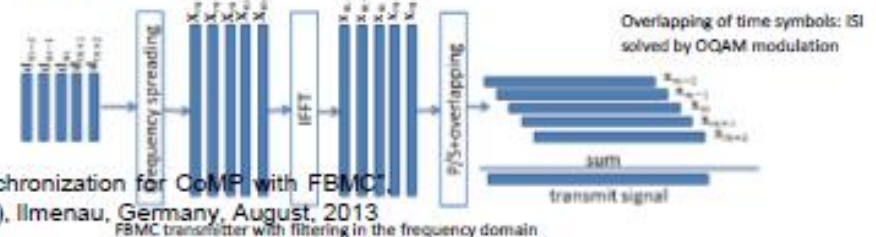
I. Gaspar, N. Michailow, A. Navarro Caldevilla, E. Ohlmer, S. Krone and G. Fettweis, „Low Complexity GFDM Receiver Based On Sparse Frequency Domain Processing”, 77th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Spring'13), Dresden, Germany, June 2013

UFMC (Universal Filtered Multicarrier) – Универсальный фильтруемый многочастотный сигнал



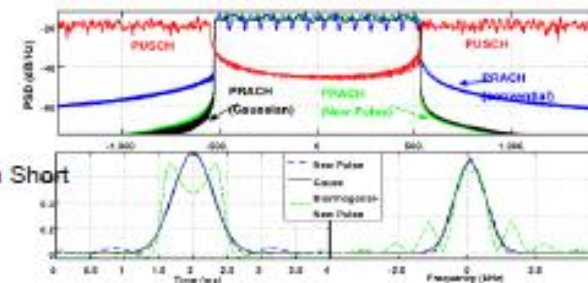
V. Vakilian, T. Wild, F. Schaich, S.t. Brink, J.-F. Frigon, "Universal-Filtered Multi-Carrier Technique for Wireless Systems Beyond LTE", IEEE Globecom'13, Atlanta, December 2013

FBMC (Filter Bank Multicarrier) – гребенчатый фильтрованный многочастотный сигнал



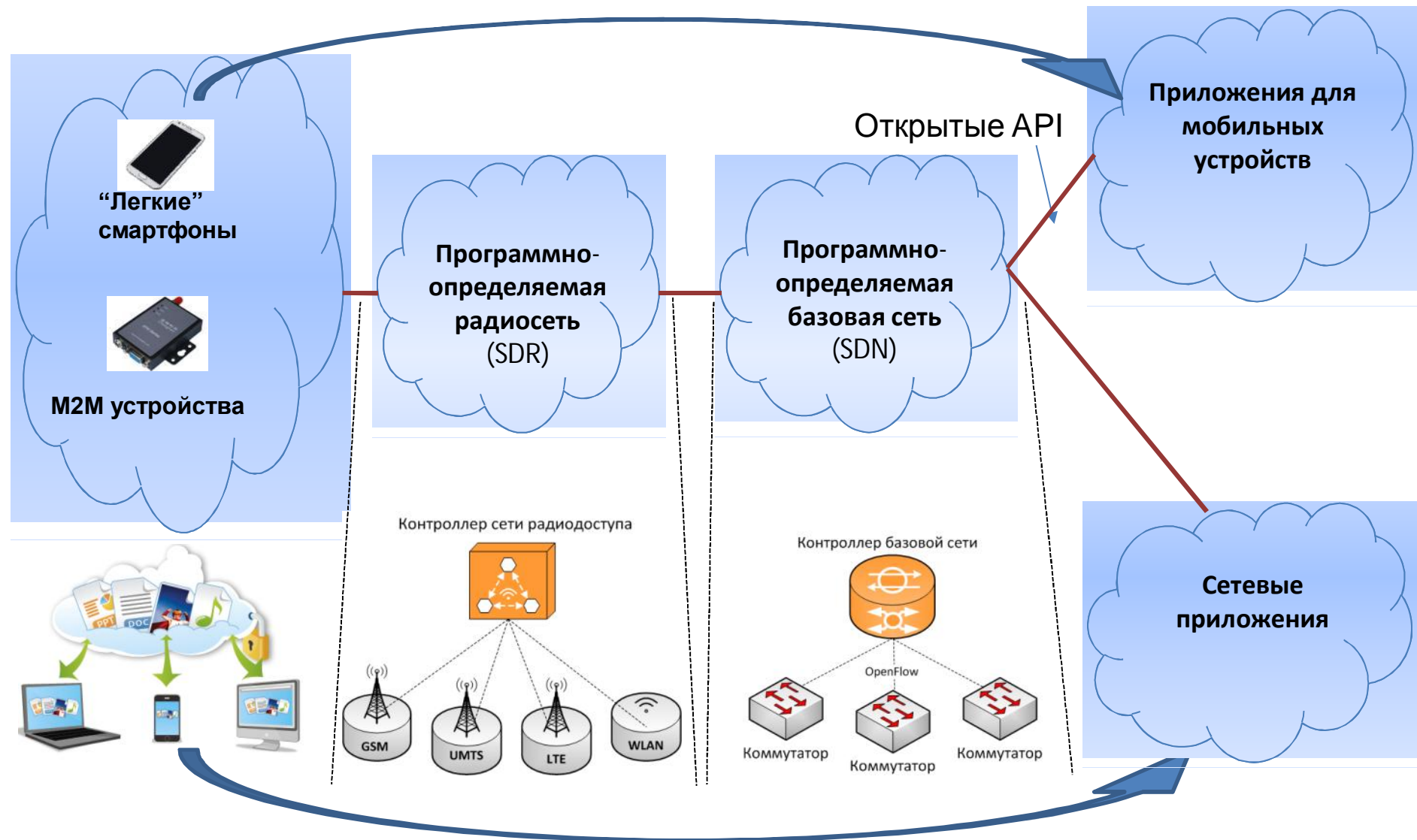
Nicolas Cassiau, Dimitri Kténas, Jean Baptiste Doré, "Time and frequency synchronization for CoMP with FBMC", Tenth International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'13), Ilmenau, Germany, August, 2013

BFDM (Bi-orthogonal Frequency Division Multiplexing) – би-ортогональное частотно-разделяемое мультиплексирование сигналов




G. Wunder, M. Kasparick, P. Jung, "Bi-orthogonal Waveforms for 5G Random Access with Short Message Support", IEEE European Wireless, 2014, invited paper

Перспективы применения облачных технологий в мобильных сетях 5G



Китай (Февраль 2013 г.) –  (5G) Promotion group
Program 863

Корея (Июль 2013 г.) - 

Япония (Октябрь 2013 г.) - Japan2020 and Beyond
ARIB создал РГ «2020 и будущее»

Индия (март 2013) - Global ICT Standardisation Forum for India (GISFI) объявил на 62-й ГА ETSI о начале работ по 5G в рамках Технологической концепции **Wireless Innovative System for Dynamically Operating Mega-Communications (WISDOM)**

Россия - ? Инициативный Корпоративный проект
5G Rus (ООО «АйКомИнвест»)

Первоочередными усилиями на пути по реализации проекта 5G RUS должны стать:

- ❑ разработка национальной Концепции и стратегии развития 5G;
- ❑ участие национальных производителей, операторов и НИУ в разработке этой Концепции, в исследованиях Партнерского проекта 3GPP и в проектах развития 5G;
- ❑ высвобождение радиочастотного спектра на основе его конверсии для потребностей 5G;
- ❑ формирование позиций и вкладов Администрации связи России по развитию и внедрению 5G на собраниях СЕРТ и МСЭ, включая позицию для Всемирной конференции радиосвязи 2015 года;
- ❑ модернизация регуляторной базы отрасли связи в целях стимулирования инвестиций операторов и производителей оборудования в создание и развитие сетей 5G.

Пессимистический сценарий

Цели проекта:

1. Создание регуляторных и технологических условий для ведения операторской деятельности и внедрения сетей мобильной связи поколения 5G иностранного производства в России
2. Подготовка преподавателей ВУЗов и специалистов по технической эксплуатации оборудования 5G иностранного производства



Оптимистический сценарий

Цели проекта:

1. Создание регуляторных и технологических условий для ведения операторской деятельности и внедрения сетей мобильной связи поколения 5G в России
2. Создание институциональных условий и научно-технологического потенциала (задела) для производства в России оборудования сетей и абонентских терминалов 5G
3. Создание и стимулирование внутреннего спроса на оборудование 5G отечественного производства на мобильном рынке России и стран Евразийского экономического союза

«...необходимо снизить зависимость стратегических отраслей экономики от импортных составляющих.» (Правительство РФ)

Реализация Стратегии импортозамещения при внедрении сетей 5G в России:

- ❑ Создание национальной технологической и производственной базы для элементов сетей 5G;
- ❑ Создание институциональных условий для формирования внутреннего спроса у российских операторов на оборудование 5G, произведенное в России;
- ❑ Выдача операторам лицензий на оказание услуг 5G только при условии использования российского оборудования или оборудования с уровнем локализации не ниже 50%;
- ❑ Привлечение иностранных производителей для размещения производства оборудования 5G в России (Пример кооперации NSN и ОАО «Микран»);
- ❑ Формирование компетенции в ведущих технических университетах России для подготовки инженеров-конструкторов и инженеров по эксплуатации для создания и развития сетей 5G.

Выгоды национального проекта мобильной связи 5GRUS



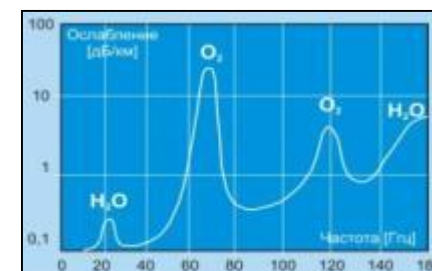
- ❑ Формирование производственного потенциала у российских производителей электронных компонентов, микроэлектроники, передающей и антенной техники в интересах развития 5G;
- ❑ Проведение своевременной конверсии и высвобождения радиоспектра для развития 5G в диапазонах 6 – 95 ГГц;
- ❑ Защита интеллектуальных прав России на генерируемые инновации в области технологических, проектных решений и программного обеспечения 5G;
- ❑ Создание новой технологической платформы развития ИКТ в России (в дополнение к существующим технологическим платформам);
- ❑ Формирование институциональной основы частно-государственного партнерства инвесторов 5G;
- ❑ Создание современной нормативно правовой базы регулирования соответствующей вызовам современного рынка ИКТ с учетом внедрения 5G;
- ❑ Расширение российского технологического пространства при создании и развитии 5G в рамках научно-технического партнерства и межгосударственного инновационного пространства с Казахстаном и Беларуссией.

Направления исследований ООО «АйКомИнвест» для проекта 5GRUS

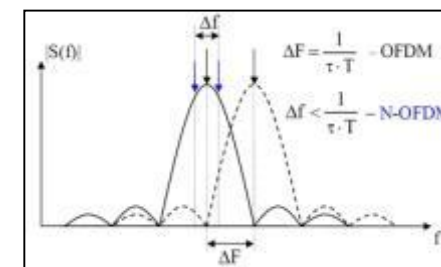
- Использование спектра радиочастот в России, необходимого для развития 5G



- Условия распространения радиоволн миллиметрового диапазона для 5G



- Использование сигналов с неортогональным частотным мультиплексированием, с повышенной спектральной эффективностью, для 5G



- Разработка требований к качеству услуг 5G и виртуализация функций QoS



Презентация результатов исследований ООО «АйКомИнвест» по проекту 5GRUS



Доклады:

- **Концепция развития 5G в России**, III международный форум «Broadband Russia Forum 2013, 27-28 ноября 2013, Москва.
- **Результаты исследований проекта 5GRUS**, Региональный семинар МСЭ-Д для стран СНГ «Сети мобильной связи LTE: технологии и практика», 3-5 марта 2014, Москва.
- **Результаты исследований по использованию сигналов с неортогональным частотным мультиплексированием для 5G**, VI –й Международный бизнес-форум «LTE Russia & CIS 2014 - Эволюция сетей мобильной связи», 20-21 мая 2014, Москва.
- **Результаты исследований по использованию спектра радиочастот в России, необходимого для 5G**, 6-ая международная конференция МСЭ-Т «Калейдоскоп-2014», 3-5 июня 2014, Санкт-Петербург.
- **Перспективы развития 5G, технологии и использование спектра**, 11-ый международный семинар «Актуальные вопросы автоматизированного планирования, оптимизации и учёта радио и транспортной подсистем сетей подвижной связи, широкополосного радиодоступа и цифрового ТВ», 18-19 июня 2014, Санкт-Петербург.

Статьи:

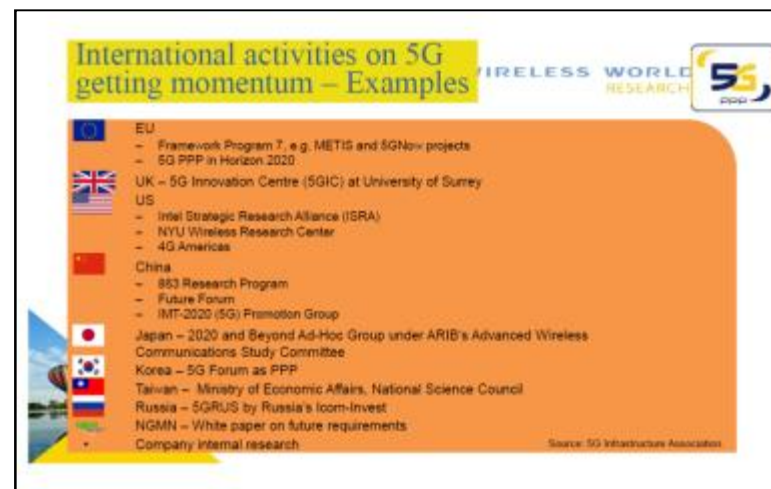
- **Концептуальные аспекты создания 5G**, журнал Электросвязь, № 10, 2013.
- **Перспективы миллиметрового диапазона для 5G в России**, журнал Первая миля, № 2, 2014.
- **Spectrum occupation and perspectives millimeter band utilization for 5G networks**, Proceedings of ITU-T Conference “Kaleydoscope-2014”.
- **Перспективы и требованиям к QoS в сетях 5G**, журнал Электросвязь, публикация в ближайшем номере.



Оценки вклада компании ООО «АйКомИнвест» в Международные проекты 5G

32-ое заседание WWRF форума, Марракеш, Марокко, 20-22 мая 2014

В докладе председателя
проекта 5G PPP Вернера
Мора отмечен вклад компании
ООО «АйКомИнвест» в
развитие проекта 5G от России



Всемирный саммит 5G, Амстердам, Нидерланды, 24-25 июня 2014

В докладе члена правления 5G
PPP Марникаса Боте оценена
деятельность компании ООО
«АйКомИнвест» по развитию
проекта 5G от России



Участие ООО «АйКомИнвест» в проекте WWRF по развитию 5G



WIRELESS WORLD RESEARCH FORUM®

В июне 2014 г. ООО «АйКомИнвест» принят в члены Всемирного исследовательского форума по беспроводным технологиям (Wireless World Research Forum, WWRF).

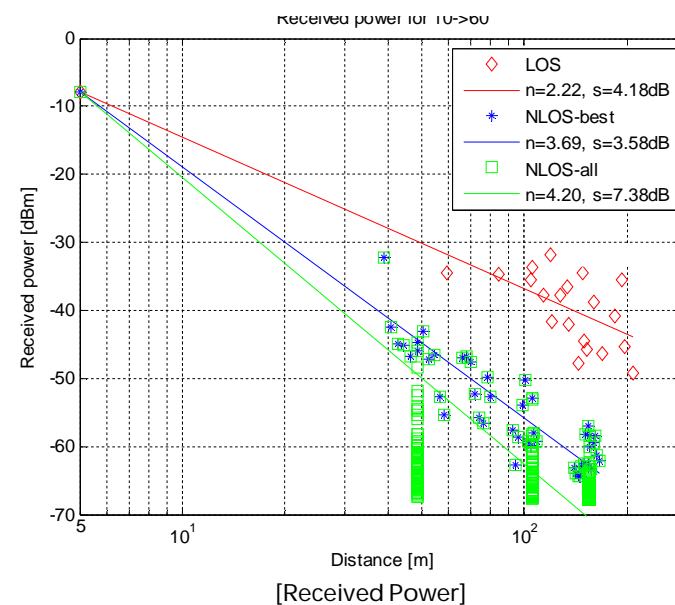
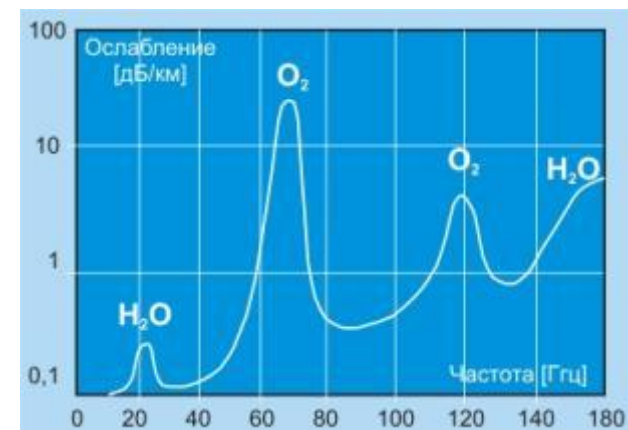
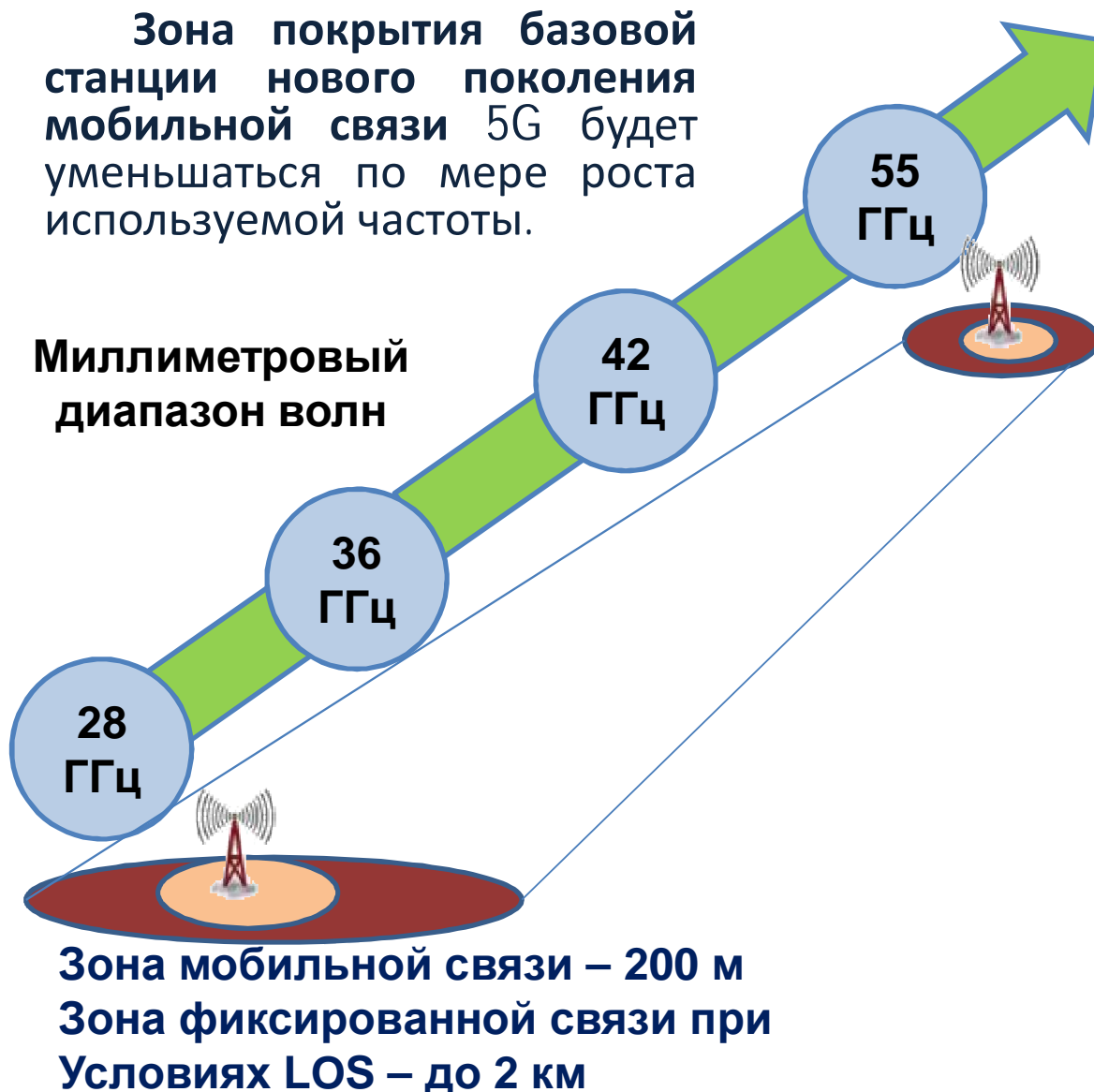
Членами WWRF форума являются 73 организации Европы и мира, включая телекоммуникационные компании и университеты, от России одна компания – ООО «АйКомИнвест».

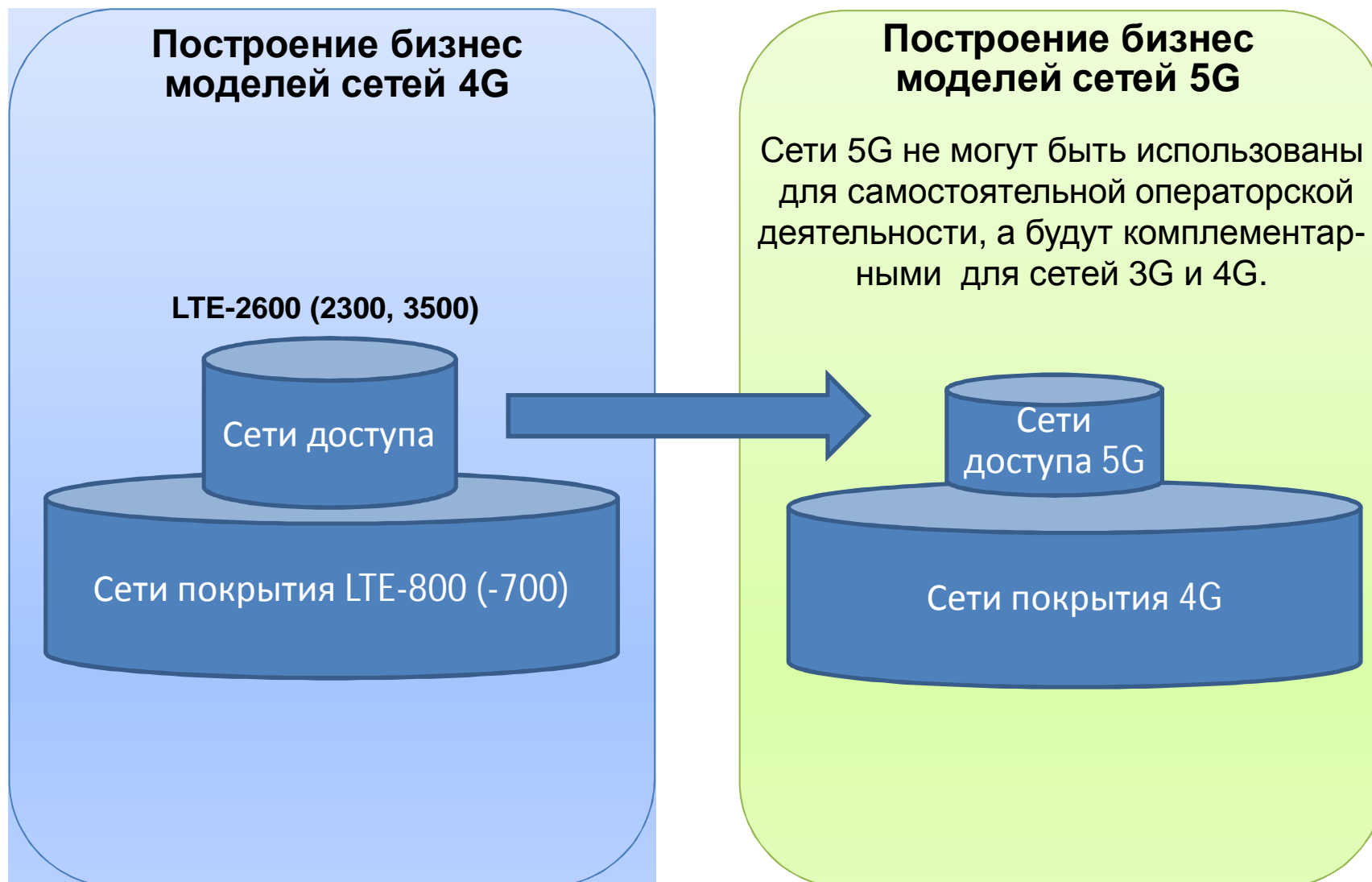
EURESCOM GmbH	GERMANY
Fraunhofer FIT	GERMANY
Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS	GERMANY
Fraunhofer Research Institution AISEC	GERMANY
Fujitsu Laboratories of Europe Ltd	UNITED KINGDOM
German Aerospace Center (DLR)	GERMANY
Helsinki Institute for Information Technology	FINLAND
Her Majesty's Government Communication Centre - HMGCC	UNITED KINGDOM
HERMES Partnership	NETHERLANDS
Hewlett Packard India Software Operations Pvt Ltd	INDIA
Huawei Technologies Co., Ltd.	CHINA
ICOMINVEST	RUSSIA
IHP GmbH - Innovations for High Performance Microelectronics	GERMANY
Indian Institute of Technology Madras	INDIA
Industrial Technology Research Institute CCL/ITRI	TAIWAN
Institut National des Sciences Appliquées (INSA)	FRANCE
Intel	USA
InterDigital Communications, LLC	USA

<http://www.wwrf.ch/membership.html>

Особенности зон покрытия мобильной связи 5G для различных диапазонов

Зона покрытия базовой станции нового поколения мобильной связи 5G будет уменьшаться по мере роста используемой частоты.





Конверсия и высвобождение полос частот для 5G в России

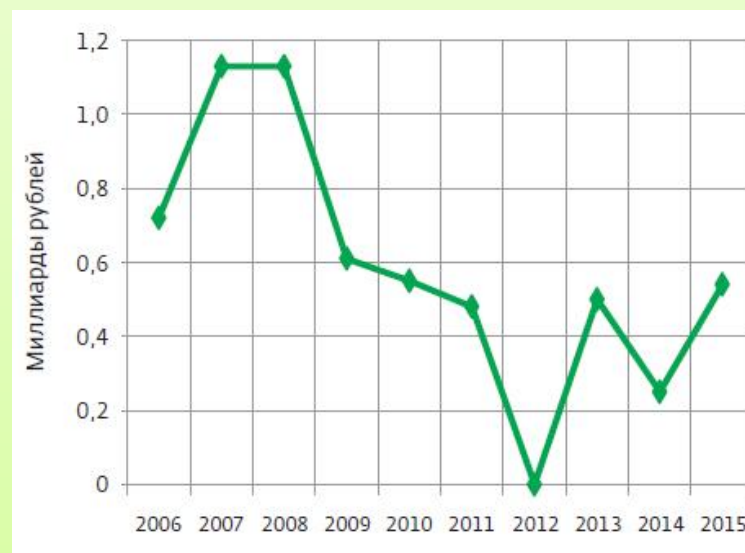
Источник: АйКомИнвест

Загрузка спектра в диапазонах ММВ в РФ

Полоса частот, ГГц	Количество РЭС фиксированной службы	Количество РЭС других служб
27,5–29,5	312 – СБД	25 – РЭС фиксированной спутниковой службы
31–31,3	20 – РРЛ	Не используется
40,5–42,5	262 – СБД	Не используется
42,5–43,5	84 – СБД	Не используется
57,2–58,2	558 – РРЛ	Не используется
58,2–63,25	Безлицензионный диапазон	Нет сведений
71–76	Безлицензионный диапазон	Нет сведений
81–86	Безлицензионный диапазон	Нет сведений

В полосах частот 71-76/81-85 ГГц работают более 11 000 РРЛ, используемых в транспортных сетях мобильных операторов

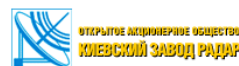
Расходы на конверсию, выделяемые Государственным бюджетом РФ



Предложение по созданию Евразийской рабочей группы и РСС по развитию 5G



Привлечение к работам по 5G международных организаций, телекоммуникационных и инновационных университетов, научно-исследовательских центров и промышленных предприятий стран членов ЕВРАЗЭС, СНГ, РСС принесет синергетический эффект.



5G EEU = 5G Rus + 5G Bel + 5G Kz +

Предлагается разработать предложения по 5G для:
Коллегии ЕВРАЗЭС
Исполнительного комитета СНГ
Исполнительного комитета РСС



1. Технологическое развитие сетей 5G будет направлено на создание ультра-плотных сетей доступа на основе новых видов сигнально-кодовых конструкций, повышающих на порядок спектральную эффективность по сравнению с сетями 4G, на оптимальное управление ресурсами и на полную виртуализацию сетевых функций
2. Будущее развитие сетей 5G будет связано с использованием облачных технологий, которые потребуют изменения правил регулирования в отрасли и бизнес-моделей, используемых операторами.
3. Лицензирование деятельности операторов 5G как моно-технологических операторов, использующих только эту технологию на основе сот радиусом 50-100 м для услуг передачи данных на скоростях 10/5 ГБит/с пока нецелесообразно. Бизнес – модели будут строиться в основном на основе предоставления услуг совмещенных сетей 4G/5G.

